

ISSN 1607-0771(Print); ISSN 2408-9494 (Online)  
<https://doi.org/10.24835/1607-0771-014>

# Клиническое значение динамики ротации/скручивания при снижении деформации левого желудочка у больных с нестабильной стенокардией и инфарктом миокарда с сохраненной фракцией выброса левого желудочка по данным спекл-трекинг-эхокардиографии

Д.А. Швец<sup>1\*</sup>, С.В. Поветкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> БУЗ Орловской области “Орловская областная клиническая больница”; 302028 Орел, бульвар Победы, д. 10, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО “Курский государственный медицинский университет” Минздрава России; 305041 Курск, ул. Карла Маркса, д. 3, Российская Федерация

**Цель исследования:** изучение динамики параметров ротации и скручивания левого желудочка (ЛЖ) при снижении продольной и циркулярной деформаций ЛЖ и выяснение возможной связи таких изменений с риском сердечно-сосудистых осложнений (ССО) по шкале GRACE 2.0 у больных с нестабильной стенокардией (НС) и инфарктом миокарда (ИМ) с сохраненной фракцией выброса (ФВ) ЛЖ.

**Материал и методы.** В исследование было включено 320 пациентов с острым коронарным синдромом (НС, ИМ) с ФВ ЛЖ  $\geq 50\%$ , разделенных на группы в зависимости от величины продольной и циркулярной деформаций: 1-я группа – отсутствие продольной и циркулярной дисфункций, 27 (8,5%) больных; 2-я группа – преобладающая продольная дисфункция global longitudinal strain (GLS)  $< 16\%$  при global circumferential strain (GCS)  $\geq 25\%$ , 68 (21,2%) больных; 3-я группа – трансмуральная дисфункция (GLS  $< 16\%$  и GCS  $< 25\%$ ), 225 (70,3%) больных. Эхокардиография выполнялась на ультразвуковом сканере Affiniti 70. В режиме двухмерного отслеживания пятен серой шкалы ультразвукового изображения определяли значения продольной (longitudinal strain, LS, %) и циркулярной деформаций (circumferential strain, CS, %), рассчитывали значения GLS и GCS, пики систолической базальной и апикальной ротации, значения скручивания и индекса скручивания ЛЖ. Дополнительно вычисляли индекс деформации (ИД). Всем больным проведена коронарография с вычислением индекса Gensini score, рассчитывался риск ССО на основании шкалы Global Registry of Acute Coronary Events (GRACE) версия 2.0.

Швец Денис Анатольевич – канд. мед. наук, врач-кардиолог отделения кардиологии 2 БУЗ Орловской области “Орловская областная клиническая больница”, Орел. <https://orcid.org/0000-0002-1551-9767>.

Поветкин Сергей Владимирович – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой клинической фармакологии ФГБОУ ВО “Курский государственный медицинский университет” Минздрава России, Курск. <https://orcid.org/0000-0002-1302-9326>.

**Контактная информация\*:** Швец Денис Анатольевич – e-mail: denpost-card@mail.ru

**Результаты.** Выявлено, что больные 3-й группы могут иметь начальные признаки сердечной недостаточности за счет более тяжелого коронарного поражения миокарда. Среднее значение GLS больных 3-й группы было меньше 12%, что является одним из критериев снижения сократительной способности миокарда ЛЖ, значимым независимым предиктором возникновения ССО и может послужить основанием для оптимизации терапии таких больных. Отличительным признаком больных 2-й группы, помимо начального снижения GLS, является существенное увеличение ИД, по которому можно оценить вклад в сократимость ЛЖ как отдельных показателей, так и их сочетания.

**Заключение.** У больных с ИМ и НС и сохраненной ФВ ЛЖ начальное (13–16%) снижение продольной при сохраненной циркулярной деформации характеризуется повышенными значениями ротации/скручивания ЛЖ. Выявлена связь между снижением продольной деформации ЛЖ менее 12% и риском ССО. При значениях продольной деформации более 12% повышенный риск ССО может дополнительно уточнить комбинированный показатель на основе ротации/скручивания (ИД), диагностическое значение которого требует дальнейшего изучения.

**Ключевые слова:** деформация левого желудочка; ротация левого желудочка; скручивание левого желудочка; инфаркт миокарда; нестабильная стенокардия; сердечно-сосудистый риск

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Цитирование:** Швец Д.А., Поветкин С.В. Клиническое значение динамики ротации/скручивания при снижении деформации левого желудочка у больных с нестабильной стенокардией и инфарктом миокарда с сохраненной фракцией выброса левого желудочка по данным спектротрекинг-эхокардиографии. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2025; 31 (1): 60–73. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-014>

Поступила в редакцию: 19.12.2023.

Принята к печати: 30.10.2024.

Опубликована online: 05.02.2025.

## ВВЕДЕНИЕ

Диагностика сердечной недостаточности (СН) предполагает наличие характерной клинической картины, снижение систолической функции левого желудочка (ЛЖ) или наличие диастолической дисфункции ЛЖ, повышение натрийуретических пептидов [1]. Некоторые больные с хроническими и острыми коронарными синдромами не имеют диагностических критериев СН, что не исключает наличие у них сниженной сократительной способности миокарда ЛЖ. Выявление скрытой систолической миокардиальной дисфункции ЛЖ длительное время не имело клинического значения, так как рекомендованное лечение таких больных не улучшало прогноз [2]. Анализ подгрупп исследований PARAGON-HF и результаты исследования DELIVER впервые показали возможность улучшения прогноза больных с сохраненной фракцией выброса (ФВ) ЛЖ [3, 4].

Основным эхокардиографическим критерием систолической дисфункции ЛЖ является сниженная ФВ ЛЖ. Рекомендо-

ванное пограничное значение ФВ ЛЖ 50% основывается на результатах большинства клинических исследований, показавших положительное прогностическое значение фармакологического лечения при более низких значениях ФВ [1, 2, 5]. Предпринимались попытки классификации СН на основании параметров деформации ЛЖ [6, 7]. Среди всех параметров деформации ЛЖ наиболее изученный и используемый на данный момент является *global longitudinal strain* (GLS). Его диагностическое и прогностическое значение превосходит ФВ ЛЖ при многих заболеваниях сердца [8], GLS используется в алгоритме диагностики диастолической дисфункции ЛЖ [9].

**Цель исследования:** изучение динамики параметров ротации и скручивания ЛЖ при снижении продольной и циркулярной деформаций ЛЖ и выяснение возможной связи таких изменений с риском сердечно-сосудистых осложнений (ССО) по шкале GRACE 2.0 у больных с нестабильной стенокардией (НС) и инфарктом миокарда (ИМ) с сохраненной ФВ ЛЖ.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследование было включено 320 пациентов с острым коронарным синдромом (НС, ИМ). Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики и принципами Хельсинкской декларации. Протокол исследования был одобрен этическим комитетом ФГБОУ ВО “Курский государственный медицинский университет” Минздрава России в 2011 г. (Курск). До включения в исследование у всех больных было получено письменное информированное согласие.

У всех больных проведены сбор анамнестических данных и клинико-лабораторные исследования, предусмотренные рекомендациями [10, 11]. Критерий включения: диагностика ИМ и НС по общепринятым критериям, удовлетворительное качество ультразвукового изображения, ФВ ЛЖ  $\geq 50\%$  по Симпсону. Группы разделяли, используя принцип классификации СН на основании соотношения значений продольной и циркулярной деформаций: преимущественно субэндокардиальная, субэпикардиальная и трансмуральная дисфункции ЛЖ [6, 7]. 1-я группа – отсутствие продольной и циркулярной дисфункций, 27 (8,5%) больных; 2-я группа – преобладающая продольная дисфункция (снижение продольной деформации при сохраненной циркулярной), 68 (21,2%) больных; 3-я группа – трансмуральная дисфункция (снижение продольной и циркулярной деформации), 225 (70,3%) больных. При выделении групп использовались пограничные модули значений global longitudinal strain (GLS)  $< 16\%$  [12] и global circumferential strain (GCS)  $< 25\%$  [13]. Критерий исключения: сниженная ФВ ЛЖ  $< 50\%$ , эхокардиографическое изображение неудовлетворительного качества, фибрилляция предсердий, полная блокада ножек пучка Гиса, эндокардиальная электрокардиостимуляция.

Эхокардиография (ЭхоКГ) выполнялась на ультразвуковом сканере Affiniti 70 (Philips, Нидерланды) датчиком S5-1 (1–5 МГц) через 5 [3,0; 7,0] дней (минимум 1 день, максимум 23 дня) от момента госпитализации. Использовались записи кинопетель нескольких кардиоциклов на протяжении 3 с. Сканирование и измерение основных параметров проводилось из апикальных сечений и сечений по короткой

оси ЛЖ. Апикальные сечения представлены двухкамерной, пятикамерной (с выносящим трактом ЛЖ) и четырехкамерной позициями. Сечения по короткой оси использовались на базальном, среднем и апикальном уровнях [14]. Диагностика нарушений локальной сократимости (НЛС) проводилась на основании ЭхоКГ-критерия – систолического утолщения стенки ЛЖ. Каждый сегмент ЛЖ визуально оценивался по наличию НЛС. При нормальном систолическом утолщении сегмента диагностирован нормокинез (1 балл), при снижении систолического утолщения менее 20% – гипокинез (2 балла), при отсутствии утолщения в систолу – акинез (3 балла). Подсчитывался индекс НЛС (ИНЛС) ЛЖ: сумма баллов, деленная на 16 сегментов ЛЖ. Измерение объема левого предсердия (ЛП) осуществлялось при помощи программного обеспечения сканера после планиметрического обрисовывания контура предсердия в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Конечный диастолический объем ЛЖ, конечный систолический объем ЛЖ и ФВ ЛЖ определялись по методу J. Simpson. Все вычисленные объемы нормировались к площади поверхности тела путем расчета соответствующих индексов.

Диагностика диастолической дисфункции/повышенного давления наполнения ЛЖ осуществлялась на основании рекомендаций [2, 9, 15] при использовании следующих параметров: соотношение величин пиков раннего и позднего диастолических наполнений ЛЖ на уровне смыкания створок митрального клапана (E/A), значений скоростей раннего диастолического движения основания медиальной и латеральной частей кольца митрального клапана в тканевом допплеровском режиме (среднее значение  $e'$ ), отношение величины пика E к пику  $e'$  (E/ $e'$ ), скорости триkuspidальной регургитации (непрерывноволновая допплерография), значения индекса объема ЛП, величины GLS.

Для анализа деформации миокарда модулем aCMQ (automatic quantitative analysis of cardiac movement) использовалось качественное двухмерное изображение эхокардиограммы при совместной записи канала электрокардиографии (для точного определения частоты сердечных сокращений, начала и окончания основных фаз сердеч-

ного цикла). Частота смены кадров варьировала от 60 до 80 в секунду. Все изображения плохого качества с дрейфом кривых выбраковывались. В режиме двухмерного отслеживания пятен серой шкалы ультразвукового изображения в сечениях по короткой оси (на трех уровнях), апикальных (двух-, четырех- и пятикамерном) сечениях перед закрытием аортального клапана определяли следующие показатели: максимальные систолические пики LS (%) и CS (%) 16 сегментов ЛЖ. Рассчитывались усредненные значения продольной деформации на базальном, среднем и апикальном уровнях сечения ЛЖ, значения регионарной систолической продольной деформации апикальных сегментов ЛЖ. При исследовании сечений по короткой оси на уровне митрального клапана (базальный уровень) и верхушечных сегментов (апикальный уровень) по кривой вращения определяли пик систолической ротации (перед закрытием аортального клапана). В норме основной пик систолической базальной ротации ЛЖ отрицательный (вращение по часовой стрелке), основной пик систолической апикальной ротации положительный (вращение против часовой стрелки). Скручивание рассчитывали как разницу пиков систолической апикальной и систолической базальной ротаций ЛЖ. Индекс скручивания – отношение величины скручивания и размера длинной оси ЛЖ в апикальном четырехкамерном сечении. Рассчитывались значения GLS и GCS как среднее арифметическое деформаций всех сегментов ЛЖ диаграммы “бычий глаз” (“bull's eye”). Все значения деформации указывались в абсолютных значениях (модули) [14]. В работе использовали индекс деформации (ИД) [16]. ИД рассчитывался как соотношение величины скручивания и значения GLS ЛЖ ((апикальная ротация-базальная ротация)/GLS, %/%).

Расчет риска ССО (летальных исходов) на основании шкалы GRACE версия 2.0 проводился отечественной программой “КардиоИсперт” для мобильных устройств. Рассчитывались общий балл риска, % риска и категория риска на основании баллов (низкий – <89 баллов, средний – 90–118 баллов, высокий – >119 баллов) [17].

Всем исследуемым больным проводилась коронароангиография (КАГ) по M. Judkins. Гемодинамически значимым считался сте-

ноз при сужении внутреннего диаметра артерии более чем на 70% [10, 11]. При наличии показаний выполнялась транслюминальная баллонная коронарная ангиопластика со стентированием. Для оценки степени выраженности поражения коронарных артерий подсчитан индекс Gensini score (индекс представляет собой сумму из произведений индекса тяжести стеноза в каждой пораженной коронарной артерии и функционального значения стеноза, рассчитанного по принципу локализации бляшки в отдельных сегментах, начиная от ствола левой коронарной артерии и заканчивая ветвями второго порядка) [18].

Для статистической оценки полученных данных использовались методы параметрической и непараметрической статистики. Использовалась программа Statistica 13. Распределение признаков оценивалось с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. В зависимости от распределения количественные данные представлены в виде  $M \pm SD$  и минимального и максимального значений или медианы (Me), интерквартильного размаха [25–75-й квартили] и минимального и максимального значений. При определении значимости различия между средними величинами при нормальном распределении применялся критерий Стьюдента. При отсутствии нормального распределения признака проводилось сравнение при помощи теста Манна–Уитни. Для оценки различия качественных параметров использовались критерий  $\chi^2$  и точный критерий Фишера, для оценки связи между признаками – корреляционный анализ (коэффициент корреляции Пирсона и ранговый коэффициент корреляции Спирмена, r). Для анализа линейной связи между несколькими независимыми переменными и зависимой переменной применялась множественная регрессия. Для предсказания вероятности бинарного исхода на основе одной независимой переменной использовалась однофакторная логистическая регрессия. Статистически значимыми считались различия при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Характеристика больных на основании клинических, анамнестических, инструментальных данных представлена в табл. 1.

Таблица 1. Клиническая характеристика больных ИБС, включенных в исследование

Table 1. Clinical features of patients with coronary heart disease included in the study

Показатель	1-я группа, n = 27	2-я группа, n = 68	3-я группа, n = 225
Возраст, годы	60,5 ± 8,8 (43; 75)	65,1 ± 9,5 (40; 89)	62,4 ± 10,3 (35; 91)
Пол:			
мужской, %	16 (59,3)	40 (58,8)	167 (74,2)
женский, %	11 (40,7)	28 (41,2)	58 (25,8)
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	27,7 ± 4,3 (20,4; 35,2)	27,5 ± 5,5 (18,3; 53,3)	28,1 ± 3,9 (18,6; 39,8)
Факторы риска ИБС:			
семейный анамнез	8 (29,6)	26 (38,2)	92 (40,8)
ранних случаев ССЗ, %			
ГБ, %	22 (81,5)	58 (85,3)	178 (79,1)
дислипидемия, %	10 (37,0)	27 (39,7)	61 (26,8)
курение, %	13 (48,1)	25 (36,8)	95 (42,2)
СД 2 типа, %	3 (11,1)	12 (17,6)	52 (23,1)
Анамнез:			
ИМ, %	4 (14,8)	10 (14,7)	46 (20,4)
реваскуляризация, %	6 (22,2)	5 (7,3)	36 (16,0)
Клинические данные:			
ЧСС, уд/мин	63,0 [57; 71] (48; 113)	67,0 [59; 76] (40; 111)	76 [65; 89]* (32; 151)
САД, мм рт.ст.	140 [130; 150] (110; 170)	140 [130; 155] (110; 180)	130 [120; 145] (80; 190)
ДАД, мм рт.ст.	80 [80; 85] (65; 90)	80 [80; 90] (60; 110)	80 [80; 90] (50; 100)
Данные ЭхоКГ:			
индекс ЛП, мл/м <sup>2</sup>	35,6 [22,9; 40,0] (14,3; 52,8)	32,3 [26,1; 37,2] (14,8; 72,9)	30,0 [25,2; 37,5] (12,8; 93,3)
ФВ ЛЖ, %	68,2 [61,2; 71,0] 56,5; 76	67,0 [61,7; 72,0] 52,0; 70,0	60,0** ##### [55,5; 65] 50; 73
E/e', ед	8,7 [7,9; 9,8] (5,3; 16,0)	9,9 [7,9; 11,9] (4,7; 21,9)	10,2 [7,9; 12,2] (4,3; 40,5)
ДД/ПДН ЛЖ, %	2 (7,4%)	16 (23,5%)	51 (22,7%)
ИНЛС, ед	1,0 [1,0; 1,1] (1,0; 1,28)	1,0 [1,0; 1,12] (1,0; 1,37)	1,12***** [1,0; 1,33] (1,0; 2,87)
ХСН:			
I ФК, %	12 (44,4)	11 (16,2)*	44 (19,5)*
II ФК, %	9 (33,3)	38 (55,9)	90 (40,0)
III ФК, %	6 (22,3)	19 (27,9)	91 (40,2)

Таблица 1 (окончание).

Table 1 (end).

Показатель	1-я группа, n = 27	2-я группа, n = 68	3-я группа, n = 225
<b>GRACE 2.0:</b>			
общий балл	86,5 [69; 104] (56; 123)	99 [87; 112]* (51; 147)	105 [87; 121]** (45; 181)
% риска	1,6 [1,0; 2,8] (0,7; 5,3)	2,8 [1,8; 4,7]** (0,6; 11,3)	3,3 [1,9; 5,4]*** 0,5; 31,8
низкий, %	19 (70,4)	23 (33,8)**	63 (28,0)****
средний, %	7 (25,9)	32 (47,0)	101 (44,9)
высокий, %	1 (3,7)	13 (19,2)	61 (27,1)*
<b>КАГ:</b>			
незначимое поражение, %	5 (18,5)	3 (4,4)	1 (0,4)****
1-сосудистое, %	12 (44,4)	31 (45,6)	92 (40,9)
2-сосудистое, %	8 (29,6)	19 (27,9)	73 (32,4)
3-сосудистое, %	2 (7,5)	15 (22,1)	59 (26,3)
Количество ЧКВ, %	19 (86,4)	61 (88,4)	191 (84,5)
Индекс Gensini score, ед.	36,0 [24,5; 63,0] (0; 126)	50,5 [36,2; 72,2] (2; 158)	63,2*** [42; 93,5] (4; 242)
<b>Диагноз:</b>			
НС, %	22 (81,5)	29 (42,6)**	74 (32,9)*****
передний ИМ HeQ, %	1 (3,7)	10 (14,7)	28 (12,4)
передний ИМ Q, %	0	8 (11,8)	45 (20,0)
нижний ИМ HeQ, %	1 (3,7)	8 (11,8)	22 (9,8)
нижний ИМ Q, %	3 (11,1)	13 (19,1)	56 (24,9)
повторный ИМ, %	0	5 (7,3)	16 (7,1)

*Примечание.* ИМТ – индекс массы тела, ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания, реваскуляризация – предшествующая хирургическая реваскуляризация миокарда (стентирование или шунтирование коронарных артерий), ЧСС – частота сердечных сокращений, САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ДД/ПДН ЛЖ – диастолическая дисфункция/повышенное давление наполнения ЛЖ – количество больных с выявленными признаками диастолической дисфункции ЛЖ/повышенного давления наполнения ЛЖ [9, 15], СД – сахарный диабет, ИМ – инфаркт миокарда, НС – нестабильная стенокардия, ХСН – хроническая сердечная недостаточность, ГБ – гипертоническая болезнь, ФК – функциональный класс ХСН по Нью-Йоркской классификации, ЧКВ – чреспокожное коронарное вмешательство со стентированием; однососудистое, двухсосудистое, трехсосудистое – значимый атеросклероз ( $\geq 70\%$  в 1, 2 или 3 коронарных артериях); Q – зубец ЭКГ.

Различие с 1-й группой: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $< 0,01$ ; \*\*\*  $< 0,001$ ; \*\*\*\*  $< 0,0001$ ; \*\*\*\*\*  $< 0,00001$ . Различие со 2-й группой: #####  $< 0,00001$ .

**Таблица 2.** Сравнение значений продольной деформации на каждом уровне ЛЖ и GLS исследуемых больных ИБС

**Table 2.** Comparison of the values of longitudinal strain at each LV level and GLS level in the examined patients with coronary heart disease

Продольная деформация, сегмент	1-я группа, n = 27	2-я группа, n = 68	3-я группа, n = 225
Базальный, %	12,9 ± 3,2 (-22,5; -7,9)	9,5 ± 2,9 (-14,4; -2,2)	8,7 ± 3,2 ***** (-16,2; 2,6)
Средний, %	15,6 ± 2,5 (-20,6; -11,3)	11,3 ± 2,7 (-16,4; -4,3)	8,9 ± 3,2 *****#### (-16,2; 2,0)
Апикальный, %	24,6 ± 3,4 (-32,0; -17,3)	18,6 ± 3,6** (-26,9; -7,2)	14,6 ± 5,2 *****#### (-27,4; 3,7)
GLS, %	17,7 ± 1,4 (-22,1; -16,0)	13,1 ± 2,1 (-15,8; -8,7)*	10,7 ± 3,0 *****#### (-15,8; -0,5)

*Примечание.* Здесь и в табл. 3 и 4 различие с 1-й группой: \* p < 0,05; \*\* < 0,01; \*\*\* < 0,001; \*\*\*\* < 0,00001. Различие со 2-й группой – ##### < 0,00001.

Как видно из табл. 1, статистически значимые различия 1-й и 2-й групп выявлены по величине риска шкалы GRACE 2.0. Кроме того, во 2-й группе выявлено меньше больных с I функциональным классом (ФК) хронической сердечной недостаточности (ХСН) по классификации NYHA и меньше больных с НС. По другим параметрам отличий в 1-й и 2-й группах не выявлено. В 3-й группе, в отличие от 1-й группы исследуемых больных, величина риска по шкале GRACE 2.0 еще выше, но не отличается от 2-й группы. Меньше больных с низким риском и больше с высоким риском летальных осложнений, меньше больных с незначимым поражением коронарных артерий. Кроме того, в 3-й группе по сравнению с 1-й группой выявлено статистически значимое различие следующих параметров: ИНЛС (увеличение), частота сердечных сокращений (ЧСС) (увеличение) и ФВ ЛЖ (снижение). В 3-й группе было меньше больных с НС и I ФК ХСН по классификации NYHA. В 3-й группе по сравнению со 2-й группой исследуемых больных выявлено статистически значимое снижение ФВ ЛЖ. Все это указывает на то, что больные 3-й группы, возможно, имеют предвестники снижения систолической функции ЛЖ за счет более тяжелого коронарного поражения миокар-

да. Случаи повышенной ФВ ЛЖ во 2-й и 3-й группах встречались у больных с НС.

В табл. 2 сравниваются значения продольной деформации на базальном, среднем и апикальном уровнях сечения ЛЖ и GLS исследуемых больных.

Как видно из табл. 2, выявлено характеризующее 2-ю группу снижение величины продольной деформации на всех уровнях сечения и GLS. 2-я группа больных имеет более низкие значения GLS по сравнению с 1-й группой, что обусловлено снижением величины апикальной деформации. В 1-й и 2-й группах проанализированы значения регионарной продольной деформации всех апикальных сегментов. Выявлено снижение продольной деформации апикального сегмента нижней (21,9 ± 6,2 и 18,6 ± 5,4 соответственно, p < 0,05) и боковой стенки ЛЖ (21,6 ± 5,8 и 17,2 ± 6,7 соответственно, p < 0,01) при неизменности продольной деформации других апикальных сегментов. Продольная деформация исследуемых больных 3-й группы снижается более выраженно, чем во 2-й группе, на среднем и апикальном уровнях и GLS.

В табл. 3 сравниваются значения циркулярной деформации на базальном, среднем и апикальном уровнях сечения ЛЖ и GCS исследуемых больных.

**Таблица 3.** Сравнение значений циркулярной деформации на каждом уровне ЛЖ и GCS исследуемых больных ИБС

**Table 3.** Comparison of the values of circumferential strain at each level of LV and GCS in the examined patients with coronary heart disease

Циркулярная деформация, сегмент	1-я группа, n = 27	2-я группа, n = 68	3-я группа, n = 225
Базальный, %	22,9 ± 2,7 (-28,4; -17,6)	22,9 ± 4,8 (-36,2; -12,8)	15,3 ± 4,9 *****## ## # (-28,8; 1,6)
Средний, %	25,8 ± 5,7 (-45,0; -18,4)	25,7 ± 5,0 (-39,0; -16,2)	16,4 ± 4,9 *****## ## # (-30,8; -1,9)
Апикальный, %	36,9 [-42,4; -34,6] (-53,6; -27,5)	37,7 [-40,7; -33,6] (-59,7; -22,2)	23,7 [-28,6; -16,7] *****## ## # (-46,1; 3,3)
GCS, %	28,9 [-30,3; -26,8] (-34,4; -25,0)	27,8 [-30,0; -25,9] (-42,1; -25,0)	18,4 [-21,4; -15,2] (-24,9; -5,9) *****## ## #

**Таблица 4.** Сравнение значений параметров ротации, скручивания, индекса деформации и индекса базальной систолической ротации исследуемых больных ИБС

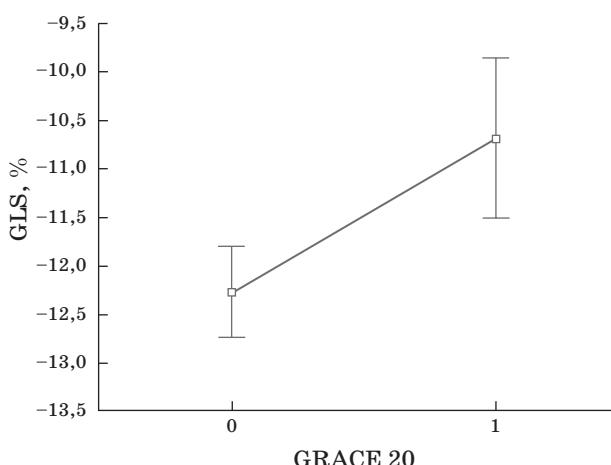
**Table 4.** Comparison of the values of the parameters of rotation, twist, strain index, basal and apical systolic rotation in the examined patients with coronary heart disease

Параметры	1-я группа, n = 27	2-я группа, n = 68	3-я группа, n = 225
Базальная систолическая ротация, °	-4,5 ± 2,2 (-8,5; -0,2)	-5,1 ± 2,2 (-9,1; -0,3)	-3,8 ± 1,9 (-12,1; 0,14) ## ## #
Апикальная систолическая ротация, °	5,9 ± 2,3 (1,2; 12,9)	6,1 ± 2,9 (-0,6; 13,3)	4,3 ± 2,99 (-4,8; 13,5) *## ## ##
Скручивание, °	10,5 [7,8; 13,8] (4,7; 18,1)	11,0 [8,6; 13,7] (5,4; 19,4)	7,8 ***## ## ## [6,0; 10,2] (0,5; 21,5)
Индекс скручивания, °/см	1,24 ± 0,41 (0,56; 2,1)	1,32 ± 0,48 (0,62; 3,1)	0,93 ± 0,41 (0,05; 3,4) **## ## ##
Индекс деформации, °/%	0,59 [0,44; 0,75] (0,26; 1,07)	0,81*** [0,61; 1,08] (0,4; 1,95)	0,72* [0,52; 1,01] (0,06; 20,5)

Как видно из табл. 3, значения циркулярной деформации на каждом уровне сечения ЛЖ и GCS отличаются только в 3-й группе больных, что соответствует характеристике группы.

В табл. 4 сравниваются значения базальных и апикальных систолических ротаций ЛЖ, скручивания и соответствующих индексов исследуемых больных ишемической болезнью сердца (ИБС).

Как видно из табл. 4, во 2-й и 3-й группах исследуемых больных ИД больше по сравнению с 1-й группой. При сравнении 2-й и 3-й групп выявлено снижение (псевдонормализация) скручивания [19] и индекса скручивания за счет увеличения базальной (по сравнению со 2-й группой) и снижения апикальной систолической ротации (по сравнению с 1-й и 2-й группами).



**Рисунок.** Зависимость величины GLS от значения риска ССО по шкале GRACE 2.0,  $p < 0,001$ . 0 – низкий и средний риск ССО ( $\leq 118$  баллов), 1 – высокий риск ССО ( $> 118$  баллов по шкале GRACE 2.0).

**Figure.** The dependence of the GLS value on the value of the risk of CVC according to the GRACE 2.0 scale,  $p < 0.001$ . 0 – low and moderate risk of CVC ( $\leq 118$  points), 1 – high risk of CVC ( $> 118$  points on the GRACE 2.0 scale).

Проведено сравнение показателей ротации и скручивания у больных с сохраненной (объединены больные 1-й и 2-й групп,  $n = 95$ ) и сниженной циркулярной деформацией (3-я группа,  $n = 225$ ): базальная систолическая ротация (БР) =  $-4,9 \pm 2,2$  и  $-3,8 \pm 1,9$  ( $p < 0,0001$ ), апикальная систолическая ротация =  $6,1 \pm 2,7$  и  $4,3 \pm 2,9$  ( $p < 0,00001$ ), скручивание =  $10,8$  [8,5; 13,5] и  $7,8$  [6,0; 10,2] ( $p < 0,0000001$ ). Значит, при сохраненной GCS, несмотря на снижение продольной деформации, ротация и скручивание выше принятых значений нормы [19].

Выявлена прямо пропорциональная связь GLS и GCS ( $r = 0,67$ ,  $p < 0,000001$ ). Величина скручивания оказалась больше связана с ФВ ЛЖ ( $r = 0,45$ ,  $p < 0,000001$ ), чем GLS и GCS ( $r = -0,22$  и  $-0,34$  соответственно,  $p < 0,0001$ ).

Среди исследуемых параметров ротации и скручивания множественный регрессионный анализ установил сочетанное влияние GCS и GLS на величину только БР ( $r = 0,44$ ,  $p < 0,0001$  и  $r = -0,17$ ,  $p < 0,01$  соответственно). Это означает, что снижение продольного сокращения увеличивает значение БР. Можно предположить, что снижение величины продольной деформации

у больных 2-й группы способствует увеличению скручивания и индекса деформации. Согласно данным табл. 2, снижение продольной деформации апикальных сегментов (за счет нижней и боковой стенок ЛЖ) является причиной начального снижения GLS у больных 2-й группы.

На рисунке показана динамика величины GLS в зависимости от категории риска ССО по шкале GRACE 2.0.

Как видно на рисунке, высокому риску ССО по шкале GRACE 2.0 соответствует значение GLS менее 12% [20–22]. Результат бинарной логистической регрессии по анализу зависимости величины GLS и риска ССО ( $> 118$  баллов по шкале GRACE 2.0): Вальд – 13,5 ед., OR = 1,16 ед. (1,07; 1,26),  $p < 0,001$ . OR = 1,16 ед. означает, что снижение величины GLS на 1% увеличивает вероятность высокого риска ССО на 16% при неизменности других переменных.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Разделение исследуемых больных по предложенному алгоритму [6, 7] на преобладающую субэндокардиальную и трансмуральную дисфункцию характеризует степень выраженности коронарного атеросклероза и прогрессирование ишемии ЛЖ. Наиболее чувствителен к ишемии субэндокардиальный слой миокарда, поэтому снижение продольной деформации предшествует снижению циркулярной [23]. В результате исследования начальное снижение продольной при сохраненной циркулярной деформации выявлено у 21,2% больных (2-я группа). При дальнейшем прогрессировании ишемии ЛЖ поражаются все слои миокарда с вовлечением в патологический процесс как эндокардиальных, так и эпикардиальных волокон миокарда. Больных, у которых выявлено одновременное снижение продольной и циркулярной деформации, было большинство – 70,3% (3-я группа). Изолированное поражение субэпикардиальных волокон миокарда с преобладающей субэпикардиальной дисфункцией ЛЖ при сохранении кровотока в субэндокардиальном слое миокарда не характерно для коронарной болезни сердца.

Наблюдаемое при ИБС снижение продольной или циркулярной деформации ЛЖ может не сопровождаться снижением сис-

толической, диастолической функции/повышением давления наполнения ЛЖ и клиническими проявлениями СН [1, 24]. При использовании более значимых критериев диастолической дисфункции – повышение давления наполнения ЛЖ [9, 15] – выявлено, что 78,2% больных, участвующих в данном исследовании, не имели эхокардиографических критериев систолической или диастолической дисфункции ЛЖ. Это может означать наличие скрытой дисфункции ЛЖ у таких больных, среди которых могут быть пациенты, отвечающие на терапию ХСН (что согласуется с результатами исследований DELIVER и PARAGON) [3, 4].

Оценка показателей деформации ЛЖ предоставила дополнительные возможности для выявления дисфункции ЛЖ. Основным отличительным признаком 3-й группы исследуемых больных было снижение значения GCS, что свидетельствует о более выраженном снижении сократимости миокарда [25] и наряду со снижением среднего значения GLS определяет высокий риск летальных исходов. Среднее значение GLS больных 3-й группы было меньше 12%, что является значимым независимым предиктором возникновения ССО у больных ИБС [20–22]. Известно, что GLS превосходит ФВ ЛЖ в оценке прогноза [8], а снижение GLS обнаружено у 50–60% больных с СН с сохраненной ФВ [12]. Больные 3-й группы имели повышенный по сравнению с больными 1-й группы риск ССО по шкале GRACE вследствие более выраженных проявлений коронарного атеросклероза. Следовательно, снижение GLS менее 12% у больных с НС и ИМ является одним из критериев снижения систолической функции ЛЖ и может послужить основанием для оптимизации терапии таких больных. Риск ССО во 2-й группе исследуемых больных выше, чем в 1-й группе, несмотря на одинаковые значения ФВ ЛЖ. Этот факт определяет необходимость разделения больных с НС и ИМ и сохраненной ФВ на группы риска и побуждает к поиску критериев для такого разделения. Выявление сниженных значений деформации ЛЖ у больных с сохраненной ФВ может не только выявить различия в риске ССО, но и обосновать дифференцированный поход к лечению.

Несмотря на прямо пропорциональную зависимость величин GLS и GCS, не всегда

сниженным значениям GLS соответствуют сниженные значения GCS. Больные 1-й и 2-й групп, имеющие сохраненную GCS, имеют значение GLS, близкое к норме или слегка сниженное (13–16%). У этих же больных (1-й и 2-й групп) значения скручивания выше нормы [19], что связано с разнонаправленными изменениями величин базальной и апикальной ротаций ЛЖ. Следовательно, начальное небольшое (13–16%) снижение GLS, не сопровождающееся снижением GCS, позволяет выявить один из механизмов компенсации сократимости ЛЖ. Известно, что дисбаланс эндокардиального и эпикардиального взаимодействия при начальном снижении продольного сокращения приводит к увеличению ротации и скручивания ЛЖ вследствие преобладания эпикардиального вращения [19, 26–28]. Данный механизм усиления сокращения за счет большего радиуса эпикардиальных волокон способствует увеличению ротации/скручивания и на начальном этапе снижения продольной деформации обеспечивает сохранность сердечного выброса. Кроме того, увеличение скручивания у больных с сохраненной величиной циркулярной деформации (1-я и 2-я группы исследуемых больных) может свидетельствовать о начальной (компенсированной) диастолической дисфункции ЛЖ [27]. Среди других механизмов увеличения ротации/скручивания ЛЖ известными являются дисбаланс симпатовагальной иннервации миокарда и изменения в изоформах титина [29–31].

При дальнейшем понижении GLS < 12% чаще всего выявляются сниженные значения GCS и ротации/скручивания, которые являются важными составляющими сокращения ЛЖ, представляя собой результат одновременно продольного и циркулярного укорочения волокон миокарда [19]. При этом снижение циркулярной деформации, приводящее к псевдонормализации скручивания, может быть результатом прогрессирования систолической дисфункции ЛЖ, при котором наблюдается снижение резерва компенсаторного прироста скручивания ЛЖ [29–31]. Данными изменениями можно объяснить значимое снижение ФВ ЛЖ в 3-й группе исследуемых больных.

Больные с сохраненной циркулярной деформацией (1-й и 2-й групп) имеют повышенные значения ротации/скручива-

ния [19]. По клиническим признакам 1-я и 2-я группы различаются только разным количеством больных с I ФК ХСН. Однако небольшое снижение GLS, характерное для больных 2-й группы, сочетается с повышенным риском ССО. Установлено, что начальное снижение продольной деформации происходит за счет апикальных сегментов нижней и боковой стенок ЛЖ, что согласуется с данными литературы о неравнозначной прогностической роли снижения продольной деформации отдельных сегментов ЛЖ [23]. Отсутствие прироста ротации и скручивания в ответ на снижение продольной деформации указанных сегментов может являться патологическим механизмом, приводящим к снижению сократимости ЛЖ и негативному прогнозу после НС и ИМ.

Отличительным признаком больных 2-й группы, помимо начального снижения GLS, является существенное увеличение ИД. Такое увеличение ИД является следствием одновременного снижения GLS и разнонаправленного изменения базальной и апикальной ротаций ЛЖ. Использование комбинированных параметров деформации и ротации/скручивания ЛЖ может иметь дополнительные преимущества при диагностике систолической миокардиальной дисфункции ЛЖ, выявляя механизмы компенсаторной адаптации при патологии. По величине ИД можно оценить вклад в сократимость как отдельных показателей, так и их сочетания [16]. Значимость комбинированного ИД в ранней диагностике систолической миокардиальной дисфункции может превышать величину показателя GLS при начальном его снижении (13–16%). Причина в том, что пограничное значение даже для такого изученного показателя, как GLS, варьирует от 14 до 20% [12, 14] и снижение GLS выявляется не только при ИБС [32, 33].

Принцип разделения на группы [6, 7], используемый в данной работе, позволил выявить показатели, которые характеризовали дисфункцию ЛЖ во 2-й и 3-й группах исследуемых больных. Вариабельность пограничных значений GLS и особенно GCS [12–14] не позволяет специфично диагностировать сниженную сократительную способность ЛЖ на основании значений GLS <16% и GCS <25%. Кроме того, данные пограничные значения не связаны с риском

ССО в такой степени, как это выявлено для GLS <12%. Таким образом, выявление у больного с НС или ИМ с сохраненной ФВ ЛЖ величины GLS <12% может верифицировать прогностически неблагоприятное снижение сократимости ЛЖ вне зависимости от значения GCS. При значении GLS >12% для выявления больных повышенного риска ССО можно рассмотреть использование комбинированного параметра на основе ротации/скручивания (ИД), не ориентируясь на вариабельное пограничное значение величины GLS.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У больных с ИМ и НС и сохраненной ФВ ЛЖ начальное (13–16%) снижение продольной при сохраненной циркулярной деформации характеризуется повышенными значениями ротации/скручивания ЛЖ. Выявлена связь между снижением продольной деформации ЛЖ менее 12% и риском ССО. При значениях продольной деформации более 12% повышенный риск ССО может дополнительно уточнить комбинированный показатель на основе ротации/скручивания (ИД), диагностическое значение которого требует дальнейшего изучения.

## Ограничение исследования

Не проводилось исследование уровня N-терминального фрагмента мозгового натрийуретического пептида для оценки тяжести сердечной недостаточности и различия между группами. Ограничивающим фактором может быть неравномерность представленных групп.

## Участие авторов

Швец Д.А. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, проведение исследования, подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поветкин С.В. – участие в научном дизайне, проведение исследования, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста.

## Authors' participation

Shvets D.A. – concept and design of the study, collection and analysis of data, conducting research, text preparation and editing, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Povetkin S.V. – conducting research, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing, participation in scientific design.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ [REFERENCES]

1. Терещенко С.Н., Галявич А.С., Ускач Т.М., Агеев Ф.Т., Арутюнов Г.П., Беграмбекова Ю.Л. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологический журнал*. 2020; 25 (11): 311–374. <http://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-4083>  
Tereshchenko S.N., Galyavich A.S., Uskach T.M., Ageev F.T., Arutyunov G.P., Begrambekova Yu.L. Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology*. 2020; 25 (11): 311–374. <http://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-4083> (In Russian)
2. McDonagh T.A., Metra M., Adamo M. et al. ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur. Heart J.* 2021; 42 (36): 3599–3726. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab368>
3. Solomon S., McMurray J., Anand I.S. et al. Angiotensin-Neprilysin in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *N. Engl. J. Med.* 2019; 381: 1609–1620. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa1908655>
4. Solomon S.D., McMurray J.J.V., Claggett B. et al. Dapagliflozin in Heart Failure with Mildly Reduced or Preserved Ejection Fraction. *N. Engl. J. Med.* 2022; 387: 1089–1098. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa2206286>
5. Heidenreich P.A., Bozkurt B., Aguilar D. et al. 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure. A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J. Am. Coll. Cardiol. (JACC)*. 2022; 79 (18): 263–421. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.12.012>
6. Sengupta P.P., Narula J. Reclassifying Heart Failure: Predominantly Subendocardial, Subepicardial and Transmural. *Heart Failure Clin.* 2008; 4 (3): 379–382. <http://doi.org/10.1016/j.hfc.2008.03.013>
7. Claus P., Omar A.M., Gianni Pedrizzetti G. et al. Tissue Tracking Technology for Assessing Cardiac Mechanics. Principles, Normal Values, and Clinical Applications. *JACC: Cardiovasc. Imaging*. 2015; 8 (12): 1444–1460. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcmg.2015.11.001>
8. Feijão A., Pereira S.V., Morais H. Difficulties and Pitfalls in Performing Speckle-Tracking Echocardiography to Assess Left Ventricular Systolic Function. *EC Cardiology*. 2020; 7 (8): 30–35. <https://ecronicon.com/eccy/pdf/ECCY-07-00731.pdf>
9. Smiseth O.A., Morris D.A., Cardim N. et al. Multimodality imaging in patients with heart failure and preserved ejection fraction: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. – Cardiovasc. Imaging*. 2022; 23: e34–e61. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jeab154>
10. Roffi M., Patrono C., Collet J.P. et al. ESC Scientific Document Group. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: Task Force for the Management of Acute Coronary Syndromes in Patients Presenting without Persistent ST-Segment Elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2016; 37 (3): 267–315. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv320>
11. Ibanez B., James S., Agewall S. et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2018; 39 (2): 119–177. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx393>
12. Shah A.M., Claggett B., Sweitzer N.K. et al. The Prognostic Importance of Impaired Systolic Function in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction and the Impact of Spironolactone. *Circulation*. 2015; 132 (5): 402–414. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.115.015884>
13. Sugimoto T., Dulgheru R., Bernard A. et al. Echocardiographic reference ranges for normal left ventricular 2D strain: results from the EACVI NORRE study. *Eur. Heart J. – Cardiovasc. Imaging*. 2017; 18: 833–840. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jex140>
14. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2015; 16 (3): 233–270. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev014>
15. Nagweh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P. et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: An update from the American society of echocardiography and the European association of cardiovascular imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2016; 29 (4): 277–314. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2016.01.011>
16. Mora V., Roldán I., Romero E. et al. Comprehensive assessment of left ventricular myocardial function by two-dimensional speckle-tracking echocardiography. *Cardiovasc. Ultrasound*. 2018; 16 (1): 16. <http://doi.org/10.1186/s12947-018-0135-x>
17. Бернс С.А., Шмидт Е.А., Клименкова А.В., Туманова С.А., Барбараши О.Л. Возможности шкалы GRACE в долгосрочной оценке риска у больных с острым коронарным синдромом без подъема сегмента ST. *Доктор.Ру.* 2019; 2 (157): 12–18. <http://doi.org/10.31550/1727-2378-2019-157-2-12-18>  
Berns S.A., Shmidt E.A., Klimenkova A.V. et al. Using the GRACE SCORE to assess long-term risk in patients with non-ST elevation acute coronary

- syndrome. *Doctor.Ru*. 2019; 2 (157): 12–18. <http://doi.org/10.31550/1727-2378-2019-157-2-12-18> (In Russian)
18. Rampidis G.P., Benetos G., Benz D.C. et al. A guide for Gensini Score calculation. *Atherosclerosis*. 2019; 287: 181–183. <http://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2019.05.012>
19. Takeuchi M., Nakai H., Kokumai M. et al. Age-related changes in left ventricular twist assessed by two-dimensional speckle-tracking imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2006; 19: 1077–1084. <http://doi.org/10.1016/j.echo.2006.04.011>
20. Stanton T., Leano R., Marwick T.H. Prediction of all-cause mortality from global longitudinal speckle strain: comparison with ejection fraction and wall motion scoring. *Circulation. Cardiovasc. Imaging*. 2009; 2: 356–364. <http://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.109.862334>
21. Smiseth O.A., Torp H., Opdahl A. et al. Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *Eur. Heart J.* 2016; 15 (4): 1196–1207. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv529>
22. Bendary A., Tawfeek W., Mahros M., Salem M. The predictive value of global longitudinal strain on clinical outcome in patients with ST-segment elevation myocardial infarction and preserved systolic function. *Echocardiography*. 2018; 35 (7): 915–921. <http://doi.org/10.1111/echo.13866>
23. Biering-Sorensen T., Jensen J.S., Pedersen S.H. et al. Regional Longitudinal Myocardial Deformation Provides Incremental Prognostic Information in Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *PLoS One*. 2016; 11 (6): e0158280. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0158280>
24. Lin Y., Zhang L., Hu X. et al. Clinical Usefulness of Speckle-Tracking Echocardiography in Patients with Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Diagnostics*. 2023; 13 (18): 18. <http://doi.org/10.3390/diagnostics13182923>
25. Scharrenbroich J., Hamada S., Keszei A. et al. Use of two-dimensional speckle tracking echocardiography to predict cardiac events: Comparison of patients with acute myocardial infarction and chronic coronary artery disease. *Clin. Cardiol.* 2018; 41 (1): 111–118. <http://doi.org/10.1002/clc.22860>
26. Notomi Y., Srinath G., Shiota T. et al. Maturational and adaptive modulation of left ventricular torsional biomechanics: Doppler tissue imaging observation from infancy to adulthood. *Circulation*. 2006; 113: 2534–2541. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.537639>
27. Nakatani S. Left ventricle rotation and twist: why should we learn? *J. Cardiovasc. Ultrasound*. 2011; 19 (1): 1–6. <http://doi.org/10.4250/jcu.2011.19.1.1>
28. Stokke T.M., Hasselberg N.E., Smetsrud M.K. et al. Geometry as a Confounder When Assessing Ventricular Systolic Function Comparison Between Ejection Fraction and Strain. *JACC*. 2017; 70 (8): 942–954. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.06.046>
29. Vitarelli A., Capotosto L., Placanica G. et al. Comprehensive assessment of biventricular function and aortic stiffness in athletes with different forms of training by three-dimensional echocardiography and strain imaging. *Eur. Heart J. – Cardiovasc. Imaging*. 2013; 14: 1010–1020. <http://doi.org/10.1093/ehjci/jes298>
30. Santoro A., Alvino F., Antonelli G. et al. Endurance and Strength Athlete's Heart: Analysis of Myocardial Deformation by Speckle Tracking Echocardiography. *J. Cardiovasc. Ultrasound*. 2014; 22 (4): 196–204. <http://dx.doi.org/10.4250/jcu.2014.22.4.196>
31. Beaumont A., Grace F., Richards J. et al. Left Ventricular Speckle Tracking-Derived Heart Strain and Heart Twist Mechanics in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Studies. *Sports Med.* 2017; 47 (6): 1145–1170. <http://doi.org/10.1007/s40279-016-0644-4>
32. Beyhoff N., Lohr D., Foryst-Ludwig A. et al. Characterization of Myocardial Microstructure and Function in an Experimental Model of Isolated Subendocardial Damage: *Hypertension*. 2019; 74 (2): 295–304. <http://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.12956>
33. Park J.-H. Two-dimensional Echocardiographic Assessment of Myocardial Strain: Important Echocardiographic Parameter Readily Useful in Clinical Field. *Korean Circ. J.* 2019; 49 (10): 908–931. <http://doi.org/10.4070/kcj.2019.0200>

# ***Clinical significance in the time course of rotation/twist in reducing left ventricular strain in patients with unstable angina and myocardial infarction with preserved ejection fraction of the left ventricle according to speckle tracking echocardiography***

D.A. Shvets<sup>1\*</sup>, S.V. Povetkin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Orel Regional Clinical Hospital; 10, bld. Pobedy, Orel 302028, Russian Federation

<sup>2</sup> Kursk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 3, Karl Marks str., Kursk 305041, Russian Federation

**Denis A. Shvets** – M.D., Cand. of Sci. (Med.), cardiologist, cardiology department of Orel Regional Clinical Hospital, Orel. <https://orcid.org/0000-0002-1551-9767>.

**Sergey V. Povetkin** – M.D., Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of Department of clinical Pharmacology, Kursk State Medical University, Kursk. <https://orcid.org/0000-0002-1302-9326>.

**Correspondence\*** to Dr. Denis A. Shvets – e-mail: denpost-card@mail.ru

**The research purpose** was to study the performance of left ventricular (LV) rotation and twist under the decrease in LV longitudinal and circumferential strains and to determine the possible association of such changes with the risk of cardiovascular complications according to the GRACE 2.0 scale in patients with unstable angina and myocardial infarction with preserved ejection fraction of the left ventricle.

**Materials and Methods.** The study included 320 patients with acute coronary syndrome (unstable angina and myocardial infarction) with preserved ejection fraction of the left ventricle  $\geq 50\%$ . The patients were divided into groups depending on the magnitude of longitudinal and circumferential strains: the first group - absence of longitudinal and circumferential dysfunction, 27 patients (8,5%); the second group – predominant longitudinal dysfunction (global longitudinal strain (GLS))  $< 16\%$  with global circumferential strain (GCS)  $\geq 25\%$ , 68 patients (21,2%); the third group - transmural dysfunction (GLS  $< 16\%$  and GCS  $< 25\%$ ), 225 patients (70,3%). Echocardiography was performed with the use of US scanner Affiniti 70. In 2D speckle-tracking mode the values of longitudinal (LS, %) and circumferential (CS, %) strains were assessed, the values of GLS and GCS, peaks of systolic basal and apical rotation, the values of LV twist and twist index were calculated. Additionally, the strain index was evaluated. All patients underwent coronary angiography with the calculation of the Gensini score; the risk of cardiovascular complications was calculated according to the Global Registry of Acute Coronary Events (GRACE) scale version 2.0.

**Results.** It was found out that patients in the 3rd group may have initial signs of heart failure due to more severe coronary myocardial damage. The medium value of GLS in patients of the third group was less than 12%, which is one of the criteria for reducing the contractility of the LV myocardium, a significant independent predictor of the occurrence of cardiovascular complications (CVC), and serves as a reason for therapy optimization in such patients. A distinctive feature of the patients in the second group, apart from the initial decrease in GLS, is a significant increase in the strain index, which can be used to evaluate the contribution of both individual indicators and their combination to LV contractility.

**Conclusion.** In patients with unstable angina and myocardial infarction with preserved ejection fraction, the initial decrease (13–16%) of the left ventricle longitudinal strain with preserved circumferential strain was characterized by increased values of LV rotation and twist. A relationship between a decrease in LV longitudinal strain of less than 12% and the risk of CVC was found. In values of longitudinal strain more than 12%, the increased risk of CVC may be further refined by the combined index based on rotation/twist (strain index), the diagnostic value of which requires further investigation.

**Keywords:** strain of the left ventricle; rotation of the left ventricle; twisting of the left ventricle; myocardial infarction; unstable angina pectoris; cardiovascular risk

**Conflict of interests.** The authors have no conflicts of interest to declare.

**Financing.** This study had no sponsorship.

**Citation:** Shvets D.A., Povetkin S.V. Clinical significance in the time course of rotation/twist in reducing left ventricular strain in patients with unstable angina and myocardial infarction with preserved ejection fraction of the left ventricle according to speckle tracking echocardiography. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2025; 31 (1): 60–73. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-014> (In Russian)

Received: 19.12.2023.

Accepted for publication: 30.10.2024.

Published online: 05.02.2025.